

1 **AP20** Rec'd PCT/PTO 14 AUG 2006

明細書

バルブタイミング制御装置

5 技術分野

この発明は、バルブタイミング制御装置に係り、特に、内燃機関の吸気弁および排気弁のバルブタイミングを制御するためのバルブタイミング制御装置に関する。

10 背景技術

従来、例えば日本特開 2002-242713 号公報に開示されるように、内燃機関の冷間時において、吸気弁の開弁時期を遅角させる装置が知られている。この装置では、具体的には、内燃機関の温度が 0～50℃の範囲に属している場合は、吸気弁の開弁時期が、排気上死点より遅角側の領域で、通常の開弁時期より遅角側に設定される。

クランク角が排気上死点を越えた領域では、吸気弁の開弁時期が遅角されるほど、吸気流速が高くなる。このため、上記従来装置によれば、内燃機関の冷間時には、通常時に比して吸気の流速を速めることができる。吸気ポートに噴射される燃料は、吸気流速が速いほど微粒化され易く、また、吸気ポートや吸気弁に付着し難い。

内燃機関に供給される燃料は、微粒化が進むほど良好な燃焼性を示す。また、内燃機関における空燃比制御は、ポートウェット量が少ないほど、その精度の確保が容易である。このため、上記従来装置によれば、内燃機関の冷間始動時に、内燃機関の安定性を高め、また、空燃比の制御精度を高めることができる。

尚、出願人は、本発明に関連するものとして、上記の文献を含めて、以

下に記載する文献を認識している。

[特許文献 1]

日本特開 2002-242713 号公報

[特許文献 2]

5 日本特開平 6-323168 号公報

[特許文献 3]

日本特開平 10-252575 号公報

発明の開示

10 しかしながら、内燃機関においては、吸気流速が速まるほど、吸気ポートに噴射された燃料が、排気弁およびその近傍に付着し易くなる。内燃機関の暖機がある程度進んだ段階では、排気弁の近傍に付着した燃料が、筒内で気化することができるため、その付着はさほど問題にはならない。

ところが、内燃機関が十分に低温である状況下では、排気弁の近傍に付着した燃料が、筒内で気化することができず、その後の排気行程において
15 排気ガスとして排出される事態が生じ得る。このため、上記従来の装置は、特に、内燃機関の始動直後において、排気エミッションを悪化させ易いという特性を有していた。

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、内燃
20 機関の暖機過程において、吸気流速を利用した燃料の微粒化を行いつつ、内燃機関の始動直後から、良好なエミッション特性を実現することのできるバルブタイミング制御装置を提供することを目的とする。

第 1 の発明は、上記の目的を達成するため、バルブタイミング制御装置であって、

25 内燃機関の吸気ポートに対して燃料を噴射する燃料噴射弁と、
吸気ポートから筒内への吸気の流入速度を可変とする吸気速度可変機構

と、

排気弁のバルブタイミングを可変とする排気可変機構と、

前記吸気速度可変機構を、吸気の流入速度を高めるための高速状態に制御する吸気高速化手段と、

- 5 前記吸気速度可変機構が前記高速状態に制御されている状況下で、排気弁の閉弁時期を通常閉弁時期より遅い遅角閉弁時期に制御する排気閉弁時期遅角制御手段と、

を備えることを特徴とする。

- 10 また、第2の発明は、第1の発明において、前記吸気高速化手段は、内燃機関の暖機が未完了である状況下で、前記吸気速度可変機構を前記高速状態に制御し、

前記通常閉弁時期は、内燃機関の暖機後に通常用いられる排気弁の閉弁時期であり、

- 15 前記排気閉弁時期遅角制御手段は、内燃機関の暖機が未完了であり、かつ、前記吸気速度可変機構が前記高速状態に制御されている状況下で、排気弁の閉弁時期を前記遅角閉弁時期に制御することを特徴とする。

また、第3の発明は、第1または第2の発明において、

前記吸気速度可変機構は、吸気弁のバルブタイミングを可変とする吸気可変機構を備え、

- 20 前記吸気高速化手段は、吸気弁の開弁時期を排気上死点後の遅角開弁時期に制御することにより吸気の流入速度を高める吸気開弁時期遅角制御手段を備えることを特徴とする。

また、第4の発明は、第1乃至第3の発明の何れかにおいて、

- 25 前記吸気速度可変機構は、吸気弁のリフト量を可変とする吸気可変機構を備え、

前記吸気高速化手段は、吸気弁のリフト量を小さくすることにより吸気

の流入速度を高める吸気リフト量制御手段を備えることを特徴とする。

また、第5の発明は、第1乃至第4の発明の何れかにおいて、前記吸気高速化手段は、内燃機関の暖機の進行に伴って、前記吸気の流入速度を速める方向に前記高速状態を変化させる高速状態設定手段を備えることを特徴とする。

また、第6の発明は、第1乃至第5の発明の何れかにおいて、内燃機関の暖機の進行に伴って、前記遅角閉弁時期を進角方向に変化させる遅角閉弁時期設定手段を備えることを特徴とする。

また、第7の発明は、第1乃至第6の発明の何れかにおいて、少なくとも内燃機関の始動直後においては、前記遅角開弁時期と前記遅角閉弁時期とは、吸気弁の開弁期間と排気弁の開弁期間にオーバーラップを生じさせる値であることを特徴とする。

また、第8の発明は、第1乃至第7の発明の何れかにおいて、前記内燃機関は、個々の気筒に複数の排気弁を備えており、前記排気可変機構は、気筒毎に配置された複数の排気弁のバルブタイミングを個別に調整する機能を有し、

前記複数の排気弁の一部を停止させる要求が生じているか否かを判定する一部停止要求判定手段と、

前記吸気速度可変機構が前記高速状態に制御されている状況下で、前記停止の要求が認められた場合に、前記一部の排気弁の開弁時期を、他の排気弁の開弁時期に比して遅らせつつ、全ての排気弁を作動させる排気弁制御手段と、

を備えることを特徴とする。

第1の発明によれば、吸気速度可変機構を高速状態とすることにより、筒内へ流入する吸気の流速を高めて、吸気ポートに噴射された燃料の微粒化を促進することができる。また、本発明によれば、上記の高速状態が実

現されている状況下では、排気弁の閉弁時期を遅角閉弁時期とすることができる。排気弁の閉弁時期が遅角閉弁時期とされると、吸気弁の開弁時における筒内負圧を大気圧側に近づけることができ、その開弁時における瞬間的な吸気流速を抑えることができる。その結果、排気弁付近への燃料の付着量が低減され、エミッション特性が改善される。

第2の発明によれば、内燃機関の暖機が未完了である状況下で、吸気の流速を速めて燃料の微粒化を促進し、かつ、排気弁の閉弁時期を遅角して、排気弁付近への燃料付着量の低減を図ることができる。そして、本発明によれば、燃料が良好な燃焼性を示す暖機後は、排気弁の閉弁時期を通常閉弁時期とすることにより、安定した運転状態を維持することができる。

第3の発明によれば、吸気可変機構の状態を変化させることにより、吸気弁の開弁時期を排気上死点後の遅角開弁時期とすることができる。排気上死点後の領域では、吸気弁の開弁時期が遅角されるほど、吸気弁の開弁時における筒内圧が負圧化され、吸気流速は速くなる。このため、本発明によれば、吸気流速を確実に高速化させることができる。

第4の発明によれば、吸気可変機構の状態を変化させることにより、吸気弁のリフト量を変化させることができる。吸気流速は、吸気弁のリフト量が小さいほど高速となる。このため、本発明によれば、吸気流速を確実に高速化させることができる。

第5の発明によれば、内燃機関の暖機が進むに連れて吸気流速を高めることができる。このため、本発明によれば、暖機の進行に合わせて燃料の微粒化を促進することができる。一方、排気弁付近に付着する燃料は暖機が進むほどエミッションに影響しなくなる。このため、本発明によれば、内燃機関の暖機過程において、エミッションの悪化を伴わずに、良好な運転状態を実現することができる。

第6の発明によれば、内燃機関の暖機が進むに連れて遅角閉弁時期、つ

まり、排気弁の開弁時期を進角させ、その結果として吸気流速を高めることができる。このため、本発明によれば、暖機の進行に合わせて燃料の微粒化を促進することができる。一方、排気弁付近に付着する燃料は暖機が進むほどエミッションに影響しなくなる。このため、本発明によれば、内
5 燃機関の暖機過程において、エミッションの悪化を伴わずに、良好な運転状態を実現することができる。

第7の発明によれば、少なくとも内燃機関の始動直後においては、吸気弁の開弁期間と排気弁の開弁期間にオーバーラップを生じさせることができる。排気上死点より遅い領域でバルブオーバーラップが生ずる場合、吸
10 気弁は、排気通路から筒内へ排気ガスが逆流している状況下で開かれることになる。この場合、逆流している排気ガスの流れにより、排気弁近傍への燃料の付着を十分に抑制することができる。

第8の発明によれば、吸気速度可変機構が前記高速状態に制御されている状況下で、一部の排気弁を停止させる要求が生じた場合に、停止が要求
15 されている排気弁を、開弁時期を遅らせつつ作動させることができる。排気弁の開弁時期が遅れば、その排気弁からの排気ガスの流出が抑制されるため、その排気弁を停止させた場合に近似した効果を得ることができる。一方、全ての排気弁を作動させることとすれば、一部の排気弁を停止させた場合に比して、吸気弁の開弁時における吸気流速を抑制して、排気弁付
20 近に付着する燃料量を少量とすることができる。このため、本発明によれば、一部の排気弁に対して停止が要求される状況下で、所望の効果を確保しつつ、エミッションの悪化を有効に防ぐことができる。

図面の簡単な説明

25 第1図は、本発明の実施の形態1の構成を説明するための図である。

第2図は、本発明の実施の形態1のシステムにおいて実行される吸気弁

標準開き制御の概要を説明するための図である。

第 3 図は、本発明の実施の形態 1 のシステムにおいて実行される吸気弁遅開き制御の概要を説明するための図である。

5 第 4 図は、吸気弁遅開き制御の下で吸気弁が開かれた直後に、吸気ポートから筒内へ燃料が吸入されている様子を示した図である。

第 5 図は、吸気弁遅開き制御の実行に伴うエミッション特性の悪化を防ぐために、本発明の実施の形態 1 において用いられる手法の原理を説明するための図である。

10 第 6 図は、本発明の実施の形態 1 のシステムにおいて、内燃機関の始動後に実現される具体的動作の一例を説明するためのタイミングチャートである。

第 7 図は、本発明の実施の形態 1 において実行されるルーチンのフローチャートである。

15 第 8 図は、片弁停止運転と吸気弁遅開き制御とを組みあわせて実行しつつエミッション特性の悪化を防ぐために本発明の実施の形態 2 において用いられる手法の原理を説明するための図である。

第 9 図は、吸気弁の開弁時期 IVO と排気弁の閉弁時期 EVC とを設定するべく本発明の実施の形態 2 において実行されるルーチンのフローチャートである。

20 第 10 図は、排気弁の運転手法を切り替えるために本発明の実施の形態 2 において実行されるルーチンのフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

実施の形態 1 .

25 [実施の形態 1 の構成]

図 1 は、本発明の実施の形態 1 の構成を説明するための図を示す。本実

施形態のシステムは内燃機関 10 を備えている。内燃機関 10 は、複数の気筒を備えており、図 1 には、それらの内の一つが示されている。個々の気筒には、吸気ポート 12 を介して吸気通路 14 が連通していると共に、排気ポート 16 を介して排気通路 18 が連通している。

- 5 吸気通路 14 には、吸入空気量 G_a を検出するためのエアフロメータ 20 が組み込まれている。また、吸気ポート 12 には、その内部に燃料を噴射するための燃料噴射弁 22 が配置されている。個々の気筒には 2 つの吸気弁 24（図 1 には、1 つのみを表示）が設けられており、筒内と吸気ポート 12 とは、その吸気弁 24 が開閉することにより、導通した状態または
10 遮断された状態となる。

個々の気筒には、更に、2 つの排気弁 26 が設けられている。筒内と排気ポート 16 とは、その排気弁 26 が開閉することにより導通した状態または遮断された状態となる。排気通路 18 には、排気空燃比に応じた出力を発する空燃比センサ 28 が配置されている。

- 15 吸気弁 24 および排気弁 26 には、それぞれ、吸気可変機構 30 および排気可変機構 32 が連結されている。吸気可変機構 30 および排気可変機構 32 は、何れも弁体毎に設けられており、個々の気筒に配置されている 2 つの吸気弁 24 および 2 つの排気弁 26 を、それぞれ別個独立に開閉駆動することができる。より具体的には、吸気可変機構 30 および排気可変
20 機構 32 は、例えば電磁力により弁体を開閉駆動することのできる電磁アクチュエータにより実現されており、個々の吸気弁 24 のリフト量、作用角、およびバルブタイミング（開閉時期）、或いは、個々の排気弁 26 のそれらを、他の弁体の開弁特性から切り離して自由に変更することができる。

- 本実施形態のシステムは、ECU(Electronic Control Unit) 40 を備えて
25 いる。ECU 40 には、既述したエアフロメータ 20 および空燃比センサ 28 の他、機関回転数 N_e を検出する回転数センサ 42 や、冷却水温 THW を検出

する水温センサ 44 等が接続されている。ECU 40 は、それらのセンサの出力を基礎として、燃料噴射弁 22、吸気可変機構 30、排気可変機構 32 などのアクチュエータを制御することができる。

[実施の形態 1 の動作]

5 (吸気弁標準開き制御)

本実施形態のシステムでは、内燃機関 10 の運転状態に応じて、吸気弁 24 を標準のタイミングで開弁させる「吸気弁標準開き制御」と、吸気弁 24 を標準のタイミングより遅い遅角タイミングにおいて開弁させる「吸気弁遅開き制御」とを選択的に実行することができる。以下、図 2 を参照
10 して、「吸気弁標準開き制御」の概要を最初に説明する。

図 2 (A) は、吸気弁標準開き制御により実現される吸気弁 24 の標準開弁期間 50 と、排気弁 26 の標準開弁期間 52 とを、重ねて示した図である。この図に示すように、内燃機関 10 において、排気弁 26 は、標準的には、排気下死点 (BDC) 前 45° CA (Crank Angle) 付近で開弁され、その後、排気上死点 (TDC) 後 3° CA 付近において閉弁される。一方、吸気
15 弁 24 は、標準開き制御の下では、排気上死点の近傍で開き、吸気下死点後数 $^{\circ}$ CA の時点で閉弁する。

図 2 (B) 中に一点鎖線で示す曲線は、上述した排気弁 26 の期間 52 に対応するリフト曲線であり、一方、同図中に実線で示す曲線は、上述した吸気弁 24 の標準開弁期間 50 に対応するリフト曲線である。また、図
20 2 (C) および図 2 (D) は、それぞれ、吸気弁 24 および排気弁 26 が図 2 (B) に示すようにリフトした場合に発生する吸入空気の流速、および、吸気弁 24 を通過するガスの流量を示している。

図 2 (C) および図 2 (D) 中には、吸気弁 24 の開弁直後、および吸
25 気 BDC の直後に、負の流速および負の流量が示されている。前者は、バルブオーバーラップの間に排気ポート 16 から吸気ポート 12 へ既燃ガスが

逆流する現象を表しており、一方、後者は、吸気 BDC の後に、筒内容積の減少に伴い、筒内に一旦吸い込まれたガスが吸気ポート 1 2 に逆流する現象を表している。

図 2 (D) に示す波形によれば、吸気弁 2 4 および排気弁 2 6 が標準的なリフト曲線に沿って動く場合には、吸気弁 2 4 を通過して筒内に流入するガス流量が、吸気弁 2 4 の開度の増減に応じて緩やかに増減することが判る。そして、図 2 (C) に示す波形によれば、そのような運転条件の下では、筒内に向かうガスの流速は、吸気弁 2 4 の全開弁期間を通じて、極端に大きな値にはならないことが判る。

10 (吸気弁遅開き制御)

次に、図 3 を参照して、「吸気弁遅開き制御」の概要を説明する。図 3 (A) は、吸気弁遅開き制御により実現される吸気弁 2 4 の遅開き開弁期間 5 4 と、排気弁 2 6 の標準開弁期間 5 2 とを、重ねて示した図である。この図に示すように、吸気弁遅開き制御の下では、吸気弁 2 4 は、排気上死点後 4 0° CA 付近まで閉弁状態に維持され、その後、吸気下死点前 1 6° CA 付近まで開弁状態とされる。

図 3 (B) 中に一点鎖線で示す曲線は標準開弁期間 5 2 に対応する排気弁のリフト曲線である。また、図 3 (B) 中に実線で示す曲線は、上述した吸気弁 2 4 の遅開き開弁期間 5 4 に対応するリフト曲線である。尚、ここでは、吸気弁 2 4 の開弁期間を遅開き開弁期間 5 4 とする際には、併せて吸気弁 2 4 のリフト量も小さくすることとしている。

図 3 (C) および図 3 (D) は、それぞれ、吸気弁 2 4 および排気弁 2 6 が図 3 (A) および図 3 (B) に示すように動作した場合に発生する吸入空気の流速、および、吸気弁 2 4 を通過するガスの流量を示している。この動作によれば、クランク角が排気 TDC を超えた後、先ず排気弁 2 6 が閉弁され、その後、吸気弁 2 4 が開かれるまでの間は、筒内が吸気ポート

1 2 および排気ポート 1 6 の双方から遮断された状態となる。このため、
吸気弁 2 4 が開くタイミングにおいて筒内は負圧化している。

更に、単位時間当たりの筒内空間の体積変化量（以下、「体積変化速度」と称す）は、クランク角が上死点或いは下死点を通過する時点において最小となり、その中央付近のクランク角において最大となる。吸気弁標準開
5 き制御の下では吸気弁 2 4 の開弁時期が TDC 付近とされるのに対して、吸気弁遅開き制御の下では、その開弁時期が、筒内の体積変化速度がより高くなる TDC 後 40° CA 付近とされる。このため、吸気弁遅開き制御の下では、吸気弁 2 4 は、吸気弁標準開き制御の実行下と比べて、筒内体積がより
10 り高速で増えている状況下で開弁されることになる。

以上の理由により、吸気弁遅開き制御の下では、吸気弁 2 4 の開弁時に、筒内に向かう空気の流速および流量が、一時的に極めて大きな値となる（図 3（B）～図 3（D）中の一点鎖線で囲われた領域を参照）。吸気ポート 1
2 への燃料噴射は、吸気弁 2 4 の開弁に先立って行われる。そして、噴射
15 された燃料は、吸気弁 2 4 の開弁後に、空気と共に筒内に吸入される。この際、燃料は、空気の流速が高いほど微粒化し、燃焼し易い状態となる。このため、瞬間的に高い流速を生じさせる吸気弁遅開き制御は、燃料の微粒化を促進して、その燃焼性を高めるうえで好適である。

一方で、吸気弁標準開き制御は、筒内に大きな負圧を発生させないことから、吸気弁遅開き制御に比して、ポンピングロスを抑制し得るという利
20 点を有している。このため、例えば、燃料が気化し難い暖機の過程においては吸気弁遅開き制御を用いることとし、また、内燃機関が十分に暖機した後は吸気弁標準開き制御を用いることとすれば、安定した暖機運転と、優れた燃費特性の双方を実現することが可能である。

25 （吸気弁遅開き制御の課題）

以上説明した通り、吸気弁遅開き制御は、特に暖機の過程にある内燃機

関の運転を安定化させるうえで有効な制御である。ところが、吸気弁遅開き制御は、内燃機関が十分に低温である状況下では、エミッション特性を悪化させ易いという特性も有している。

図4は、上記の特性が生ずる理由を説明するための図である。より具体的には、図4は、吸気弁遅開き制御の下で吸気弁24が開かれた直後に、吸気ポート12から筒内へ燃料が吸入されている様子を示した図である。吸気弁遅開き制御の下では、上記の如く、吸気弁24の開弁時に、筒内に向かう流速が一時的に十分に高くなる。その結果、吸気ポート12内に噴射されていた燃料の一部が、勢いよく排気弁26の周辺にまで到達し、図4に示すように、排気弁26およびその周辺に液滴の状態で付着する事態が生ずる。

内燃機関の暖機がある程度進んだ段階では、その後、吸気行程および圧縮行程が進む過程で付着した燃料が気化するため、その燃料がエミッションに大きな影響を与えることはない。ところが、内燃機関が十分に低温である状況下では、排気弁26およびその周辺に付着した燃料が、十分に気化することができず、その後の排気行程において、既燃ガスと共に排出される事態が生ずる。この場合、排気ガス中に未燃HC成分が混入することになり、エミッション特性が悪化し易い状態となる。

(エミッション特性の改善原理)

図5は、吸気弁遅開き制御の実行に伴うエミッション特性の悪化を防ぐために、本実施形態において用いられる手法の原理を説明するための図である。より具体的には、図5(A)は、吸気弁24の遅開き開弁期間54に、排気弁26の標準開弁期間52(左)、排気弁26の20°CA遅角開弁期間56(中央)、および排気弁26の40°CA遅角開弁期間58(右)を対比して表した図である。また、図5(B)、図5(C)および図5(D)は、それぞれ、図5(A)に示す開弁期間に対応する吸気弁24および排

気弁 26 のリフト量、吸気弁 24 を通過するガスの流速、および吸気弁 24 を通過するガスの流量を示している。

20° CA 遅角開弁期間 56 によると、排気弁 26 は、排気 TDC 後 23° CA 付近まで開弁状態を維持する。また、40° CA 遅角開弁期間 58 によれば、排気弁 26 は、排気 TDC 後 43° CA 付近まで開弁状態を維持する。排気弁 26 が開いている間は、筒内が負圧化しないため、遅開き開弁期間 54 の始点、つまり、吸気弁 24 の開弁時（TDC 後 40° CA）における筒内負圧は、排気弁 26 の開弁期間が遅角されるほど小さな値（大気圧に近い値）となる。このため、吸気弁 24 の開弁時にそこを通過するガスの流速および流量は、排気弁 26 の開弁期間が 40° CA 遅角開弁期間 58 とされる場合に最も低速および少量となる。

吸気弁 24 の開弁時に生ずる流速が低くなれば、吸気ポート 12 から流入した燃料が、排気弁 26 の近傍まで到達し難くなり、排気弁 26 およびその周辺に付着する燃料量を減らすことができる。このため、40° CA 遅角開弁期間 58 は、低温環境下で吸気弁遅開き制御を行う際に、エミッション特性の悪化を防ぐうえで好適な特性を有している。

また、40° CA 遅角開弁期間 58 によれば、TDC 後 40° CA～TDC 後 43° CA の期間を、排気弁 26 および吸気弁 24 が共に開弁するオーバーラップ期間とすることができる。つまり、40° CA 遅角開弁期間 58 によれば、吸気弁 24 が開弁して燃料が筒内に流入し始めるタイミングにおいて、排気弁 26 を開いておくことができる。TDC 後の領域で排気弁 26 が開いていれば、排気弁 26 の周囲にも筒内に向かうガスの流れが生ずる。このようなガスの流れは、吸気ポート 12 から流入してくる燃料が排気弁 26 およびその周辺に到達するのを妨げるように作用する。40° CA 遅角開弁期間 58 は、この点においても、排気弁 26 の周辺に付着する燃料量を低減し、エミッション特性を改善するうえで好ましい特性を有している。

以上説明した通り、低温環境下で吸気弁遅開き制御を実行する場合のエミッション特性は、排気弁 26 の開弁時期を遅角させることにより改善することができ、更に、その遅角によってバルブオーバーラップを生じさせることにより更に改善することができる。そこで、本実施形態のシステムは、上記の原理を利用して、吸気弁遅開き制御の実行に伴うエミッション特性の悪化を防ぐこととしている。

(具体的動作の一例)

図 6 は、本実施形態のシステムにおいて、内燃機関 10 の始動後に実現される具体的動作の一例を説明するためのタイミングチャートである。具体的には、図 6 (A) は機関回転数 N_e の変化、図 6 (B) は機関温度 T_{eng} (冷却水温 THW と同じ) の変化、図 6 (C) は燃料噴射量 TAU の変化をそれぞれ表している。また、図 6 (D) および図 6 (E) は、それぞれ、吸気弁 24 の開弁時期 $IV0$ の変化、および排気弁 26 の閉弁時期 EVC の変化を表している。

図 6 に示す例では、時刻 t_0 において、機関温度 T_{eng} が冷間判定温度 T_0 より低い状況下で内燃機関 10 が始動されている。この場合、始動時増量補正により、燃料噴射量 TAU は、冷間判定量 $TAU1$ より大きな値とされる。尚、ここでは、機関温度 T_{eng} の上昇と共に始動時増量による補正量が少なくなり、 $T_{eng}=T_0$ となる時点でアイドル時の TAU が $TAU1$ まで減少するものとする。

本実施形態のシステムでは、機関温度 T_{eng} が冷間判定温度 T_0 より低い場合には、吸気弁 24 の開弁時期 $IV0$ が、遅角開弁時期の初期値 (例えば、TDC 後 $30^\circ CA$) に設定され、かつ、排気弁の閉弁時期 EVC が遅角閉弁時期の初期値 (例えば、TDC 後 $43^\circ CA$) に設定される。遅角開弁時期の初期値は、吸気弁標準開き制御の下で用いられる開弁時期 $IV0$ より遅角された値である。このため、そのような開弁時期 $IV0$ によれば、吸気ポート 1

2 から筒内に流入する燃料の微粒化を促進することができ、低温環境下に置かれた内燃機関を安定に運転させることができる。また、遅角閉弁時期の初期値は、TDC から十分に遅角された値であり、かつ、上記の開弁時期 IV0 に対してバルブオーバーラップを発生させる値である。このため、そのような閉弁時期 EVC によれば、排気弁 26 およびその近傍への燃料の付着量を十分に少量として、冷間始動時におけるエミッション特性を良好に維持することができる。

図 6 に示す例では、時刻 t_1 において、機関温度 T_{eng} が冷間判定温度 T_c に到達し、その結果、アイドル時の燃料噴射量 τ_{AU} が冷間判定量 τ_{AU1} まで低下している。本実施形態のシステムは、内燃機関 10 の暖機がこの状態まで進むと、その後、燃料の微粒化をより一層促進するべく、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 を上記の遅角開弁時期（TDC 後 30° CA）から更に遅角方向に変化させ、また、排気弁 26 の閉弁時期 EVC を上記の遅角閉弁時期（TDC 後 43° CA）から進角方向に変化させる。

吸気弁 24 の開弁時期 IV0 は、遅角開弁時期の収束値（例えば TDC 後 40° CA）に達するまで徐々に遅角される。一方、排気弁 26 の閉弁時期 EVC は、遅角閉弁時期の収束値（例えば TDC）に達するまで徐々に進角される。つまり、吸気弁 24 の開弁期間については、上述した遅開き開弁期間 54 となるまで徐々に遅角され、また、排気弁 26 の開弁期間については、上述した標準開弁期間 52 となるまで徐々に進角される（図 3（A）参照）。

図 6 に示す例では、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 および排気弁 26 の閉弁時期 EVC が、時刻 t_2 において何れもそれらの収束値に到達している。吸気弁 24 の開弁時に生ずる流速は、吸気弁 24 の遅角開弁時期、および排気弁 26 の遅角閉弁時期が上記の変化が生ずるほど高くなり易い。このため、筒内に流入する燃料の勢いは、時刻 t_1 の後、時刻 t_2 に達するまで、時間の経過に伴って徐々に激しくなる。

燃料の微粒化は、その流入時における勢いが増すほど促進される。一方で、その勢いが増すほど、流入した燃料は排気弁 26 の近傍にまで到達し易くなる。しかし、この段階では、燃料噴射量 TAU の増量補正分が減少し始めており、筒内に流入する燃料量自体が始動直後に比して少量となっている。また、この段階では、機関温度 T_{eng} がある程度上昇している。このため、流入時の燃料の勢いが増しても、気化し得ないほど多量の燃料が排気弁 26 の近傍に到達することはなく、その勢いの増大に起因して、エミッション特性が悪化するような事態は生じない。

時刻 t_2 以降、吸気弁遅開き制御の実行が継続される限りは、吸気弁 24 の開弁期間が遅開き開弁期間 54 となり、また、排気弁 26 の開弁期間が標準開弁期間 52 となるように、吸気可変機構 30 および排気可変機構 32 が駆動される。その結果、良好なエミッション特性と、安定した内燃機関 10 の運転とが共に実現される。

[実施の形態 1 における具体的処理]

図 7 は、上記の機能を実現するため、本実施形態において ECU 40 が実行するルーチンのフローチャートである。尚、このルーチンは、内燃機関 10 の始動と共に起動され、その後、所定期間毎に繰り返し実行されるものとする。

このルーチンでは、まず、今回の処理が始動時の処理であるか否かが判別される（ステップ 100）。ここでは、具体的には、イグニッションスイッチの状態や機関回転数 N_e に基づいて、今回の処理が、内燃機関 10 の始動後初回の処理であるかが判別される。

その結果、始動時であると判別された場合は、吸気弁 24 の開弁時期が遅角開弁時期の初期値（例えば TDC 後 30° CA）に、また、排気弁 26 の閉弁時期が遅角閉弁時期の初期値（例えば TDC 後 43° CA）に、それぞれ設定される（ステップ 102）。一方、既に始動時ではないと判別された場

合は、ステップ 102 の処理が実行済みであると判断され、その処理がジャンプされる。

次に、燃料噴射量 TAU が、冷間判定量 TAU1 以下となっているかが判別される（ステップ 104）。その結果、未だ $TAU \leq TAU1$ が成立しないと判別された場合は、内燃機関 10 が十分に低温であり、筒内に流入するガスの流速をある程度抑える必要があると判断できる。つまり、この場合は、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 および排気弁 26 の閉弁時期 EVC を、それぞれ遅角開弁時期の初期値（TDC 後 30° CA）および遅角閉弁時期の初期値（TDC 後 43° CA）に維持しておく必要があると判断できる。この場合、以後、
10 速やかに今回のルーチンが終了されることにより、その要求が実現される。

一方、上記ステップ 104 において、 $TAU \leq TAU1$ の成立が認められた場合は、内燃機関 10 の暖機がある程度進行しており、筒内に流入するガスの流速を、徐々に高くすることが可能であると判断できる。この場合、遅角開弁時期の収束値 IVOLM（TDC 後 40° CA）を限界値として吸気弁 24 の
15 開弁時期 IV0 が所定幅 θ_1 だけ遅角方向に変更され（ステップ 106）、更に、遅角閉弁時期の収束値 EVCLM（TDC）を限界値として排気弁 26 の閉弁時期 EVC が所定幅 θ_2 だけ進角方向に変更される（ステップ 108）。

以上の処理によれば、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 および排気弁 26 の閉弁時期 EVC を、内燃機関 10 の暖機の進行に合わせて、図 6（D）および
20 図 6（E）に示すように、それぞれ変化させることができる。このため、本実施形態のシステムによれば、低温環境下でも、エミッション特性を悪化させることなく、吸気弁遅開き制御を実行することができ、その結果、良好な冷間始動性と、優れたエミッション特性の双方を実現することができる。

25 ところで、吸気弁遅開き制御の実行に伴うエミッション特性の悪化は、上述した制御を行うまでもなく、低温環境下で吸気弁遅開き制御を禁止す

ることとすれば、防ぐことは可能である。しかしながら、本実施形態において用いられる手法によれば、つまり、排気弁 26 の閉弁時期 EVC を遅らせながら吸気弁遅開き制御を実行する手法によれば、吸気行程において排気ガスを筒内に取り込むことができるため、内燃機関 10 の暖機を促進し
5 得るという効果を得ることができる。この点、本実施形態の手法は、単純に低温環境下では吸気弁遅開き制御を禁止するという手法に比して優れた効果を実現し得るものである。

[実施の形態 1 の変形例等]

ところで、上述した実施の形態 1 においては、燃料噴射量 TAU が冷間判定
10 定量 TAU1 以下となる領域で、吸気弁 24 の開弁時期 IVO および排気弁 26 の閉弁時期 EVC を徐々に遅角または進角させることとしているが、その処理を行うか否かの判断手法は、これに限定されるものではない。すなわち、吸気弁 24 の開弁時期 IVO および排気弁の閉弁時期 EVC に遅角または進角の処理を施すか否かは、機関温度 Teng が冷間判定値 T_0 より高温であるか
15 否かにより判断することとしてもよい。

また、上述した実施の形態 1 においては、 $TAU \leq TAU1$ が成立する場合に、吸気弁 24 の開弁時期 IVO および排気弁 26 の閉弁時期 EVC を、それぞれ一定の幅 θ_1 または θ_2 で遅角または進角させることとしているが、その処理の手法はこれに限定されるものではない。例えば、燃料噴射量 TAU との
20 関係で、或いは機関温度 Teng との関係で、吸気弁 24 の遅角開弁時期および排気弁 26 の遅角閉弁時期を定めたマップを準備しておき、そのマップを参照してそれらの値を設定することとしてもよい。

また、上述した実施の形態 1 においては、燃料噴射量 TAU と機関温度 Teng とが一義的な関係を維持するものとして、燃料噴射量 TAU のみに基づいて
25 吸気弁 24 の開弁時期 IVO および排気弁 26 の閉弁時期 EVC を決めることとしているが、それらを決める手法はこれに限定されるものではない。す

なわち、燃料噴射量 TAU と機関温度 Teng とが一義的な関係を維持しない場合には、TAU と Teng の双方を基礎として吸気弁 2 4 の開弁時期 IVO および排気弁 2 6 の閉弁時期 EVC を決めることとしてもよい。

また、上述した実施の形態 1 においては、吸気弁 2 4 の遅角開弁時期の初期値、および排気弁 2 6 の遅角閉弁時期の初期値が、バルブオーバーラップを発生させる値に定められているが、それらの設定は、これに限定されるものではない。すなわち、排気弁 2 6 の遅角閉弁時期の初期値は、標準時における閉弁時期より遅角されていれば十分であり、必ずしもバルブオーバーラップを生じさせるものでなくても良い。

また、上述した実施の形態 1 においては、吸気可変機構 3 0 および排気可変機構 3 2 を、それぞれ電磁アクチュエータを用いて実現することとしているが、その構成はこれに限定されるものではない。すなわち、吸気可変機構 3 0 および排気可変機構 3 2 は、吸気弁 2 4 および排気弁 2 6 のバルブタイミング（開弁時期）を変化させ得るものであれば足り、機械的な機構であつてもよい。

また、上述した実施の形態 1 においては、吸気弁 2 4 の開弁時期 IVO および排気弁 2 6 の閉弁時期 EVC を、内燃機関 1 0 の暖機過程においてのみ、遅角制御することとしているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、それらの遅角制御は、暖機後においても排気弁 2 6 の近傍に付着する燃料量を減らす意味では有用であり、その減量が必要である場合には、吸気弁 2 4 の開弁時期 IVO および排気弁 2 6 の閉弁時期 EVC の遅角制御を、内燃機関 1 0 の暖機後に実行することとしてもよい。

また、上述した実施の形態 1 においては、吸気ポートから筒内に流入する吸気の流速を速める手法が、吸気弁 2 4 の開弁時期 IVO を遅角する手法に限定されているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、本発明は、吸気流速を速めた際に排気弁 2 6 の近傍に付着する燃料量を減

らすことを目的としたものであり、吸気流速を速めるための手法は、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 を遅角する手法に限られるものではない。具体的には、例えば、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 を遅角することに代えて、或いは、その遅角と共に、吸気弁 24 のリフト量を小さくすることにより吸気流速を速めることとしてもよい。

以上の変形は、実施の形態 1 に対して適用することができる他、後述する実施の形態 2 に対しても適用することが可能である。

尚、上述した実施の形態 1 においては、吸気可変機構 30 が、前記第 1 の発明における「吸気速度可変機構」に相当している。また、ここでは、ECU 40 が、上記ステップ 100 乃至 108 の処理により、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 を遅角開弁時期とすることにより前記第 1 の発明における「吸気高速化手段」および前記第 3 の発明における「吸気開弁時期遅角制御手段」が、上記ステップ 100 乃至 108 の処理により、排気弁 26 の閉弁時期 EVC を遅角閉弁時期（収束値 EVCLM を除く）とすることにより前記第 1 の発明における「排気閉弁時期遅角制御手段」が、それぞれ実現されている。

また、上述した実施の形態 1 においては、ECU 40 に、上記ステップ 100 乃至 108 の処理により、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 を遅角開弁時期とする代わりに、吸気弁 24 のリフト量を所定の小リフト量とさせることにより前記第 4 の発明における「吸気リフト量制御手段」を実現することができる。

また、上述した実施の形態 1 においては、ECU 40 が、上記ステップ 106 の処理を実行することにより前記第 5 の発明における「高速状態設定手段」が、また、上記ステップ 108 の処理を実行することにより前記第 6 の発明における「遅角閉弁時期設定手段」が、それぞれ実現されている。実施の形態 2.

次に、図 8 乃至図 10 を参照して、本発明の実施の形態 2 について説明する。本実施形態のシステムは、実施の形態 1 におけるハードウェア構成を用いて、ECU 40 に、上記図 7 に示すルーチンに変えて、後述する図 9 および図 10 に示すルーチンを実行させることにより実現することができる。

5 [実施の形態 2 の特徴]

本実施形態のシステムでは、所定の運転状況下で、内燃機関 10 の個々の気筒に配される 2 つの排気弁 26 のうち一方を停止させる運転、つまり、いわゆる片弁停止運転が要求される。片弁停止運転は、具体的には、内燃機関 10 が冷間始動された直後など、内燃機関 10 の暖機を早期に進めたい状況下で要求される。

筒内で燃焼したガスは、排気行程において 1 つの排気弁 26 を閉じたままにしておけば、2 つの排気弁が開く場合に比してより長く筒内に残すことができる。燃焼ガスのエネルギー（熱）は、そのガスが筒内に保持される時間が長いほど、内燃機関 10 の本体に吸収され易い。このため、片弁停止運転によれば、排気ロスが減らして、内燃機関 10 の暖機を促進するうえで好適な環境を作り出すことができる。

更に、片弁停止運転の実行に伴い、高温のガスが筒内に保持される時間が延びれば、そのガス中に含まれる未燃 HC 成分が筒内で燃焼し易くなり、その結果、筒内で発生する熱量自体が増加する。これらの理由により、片弁停止運転は、冷間始動の直後など、内燃機関が十分に低温である状況下で、早期に暖機を進めるうえで有効な手段である。

ところで、片弁停止運転の実行が要求されるのは、燃料の気化性が悪い冷間運転時である。冷間始動時に吸気ポート 12 に噴射される燃料は、吸気弁遅開き制御を行うことにより、微粒化を促進することができる。このため、内燃機関 10 が冷間始動された直後には、暖機を促進するうえで片弁停止運転を実行し、かつ、安定した運転を維持するために吸気弁遅開き

制御を実行することが考えられる。

しかしながら、一方の排気弁 26 が停止している状況下では、双方の排気弁 26 が開閉する場合に比して筒内圧力が負圧化され易い。より具体的には、吸気弁遅開き制御の実行下での状況を比較すると、片弁運転の場合には、通常運転時に比して、吸気弁 24 の開弁時の筒内圧力がより大きな負圧値となり易い。このため、吸気弁遅開き制御が片弁停止運転と組み合わせられる場合は、その制御が通常運転と組み合わせられる場合に比して、多量の燃料が排気弁 26 およびその周辺に付着し易い。

更に、実施の形態 1 の場合のように、吸気弁遅開き制御が、排気弁 26 の遅角制御と組みあわされる場合には、その現象は、特に停止中の排気弁 26 の近傍においてより顕著に表れる。すなわち、実施の形態 1 のシステムは、低温環境下で吸気弁遅開き制御を実行する場合は、少なくとも内燃機関 10 の始動直後は、バルブオーバーラップが生ずるように排気弁 26 の閉弁時期を遅角させることとしている。

この場合、作動中の排気弁 26 の周囲には、吸気弁 24 の開弁時に、排気ポート 16 から筒内に向かうガスの逆流が生じており、その逆流の影響で、排気弁 26 およびその周辺への燃料の付着が阻止される。一方、このような遅角閉弁時期が設定されていても、排気弁 26 自身が停止していれば、当然にその周囲にガスの逆流は発生しない。この場合、燃料の到達を阻止する原因が存在しないため、停止中の排気弁 26 およびその周囲には、吸気ポート 12 から流入した燃料が多量に付着し得る。

以上説明したように、片弁停止運転は、吸気弁遅開き制御と組みあわせて用いられる場合、排気弁 26 およびその近傍、特に、停止中の排気弁 26 およびその近傍に、燃料付着を生じさせ易いという特性を有している。このため、内燃機関 10 の冷間始動直後に、単純に片弁停止運転と吸気弁遅開き制御とを組みあわせて実行することとすれば、エミッション特性に

悪化が生じ易い。

図 8 は、その悪化を防ぐために本実施形態において用いられる手法の原理を説明するための図である。具体的には、図 8 (A) は、吸気弁遅開き制御の実行下で用いられる吸気弁 2 4 の遅角開弁期間 5 4 に、一方の排気弁 2 6 に適用すべき第 1 遅角開弁期間 6 0 と、他方の排気弁 2 6 に適用すべき第 2 遅角開弁期間 6 2 とを重ねて表した図である。また、図 8 (B) は、図 8 (A) に示す開弁期間に対応する吸気弁 2 4 のリフト量、並びに一方および他方の排気弁 2 6 のリフト量を示す図である。

第 1 遅角開弁期間 6 0 は、実施の形態 1 において用いられた 40° CA 遅角開弁期間と同様の思想の下に設定された期間である。第 1 遅角開弁期間 6 0 によれば、排気弁 2 6 は、排気 BDC から、排気 TDC 後 45° CA までの期間中開弁状態とされる。このような閉弁時期 EVC によれば、吸気弁 2 4 の遅角開弁期間 5 4 に対して 5° CA のバルブオーバーラップを発生させ、その閉弁時期 EVC を用いる側の排気弁 2 6 の近傍における燃料付着を有効に阻止することができる。

一方、第 2 遅角開弁期間 6 2 によれば、排気弁 2 6 は、排気 TDC 前 45° CA 付近まで閉弁状態のまま維持され、その後、排気 TDC 後 45° CA 付近まで開弁状態とされる。第 2 遅角開弁期間 6 2 の閉弁時期 EVC は、第 1 遅角開弁期間 6 0 のそれと同じである。このため、第 2 遅角開弁期間 6 2 によっても、 5° CA のバルブオーバーラップを発生させて排気弁 2 6 の近傍に燃料が付着するのを有効に阻止することができる。

一方の排気弁 2 6 を第 1 遅角開弁期間 6 0 で駆動し、他方の排気弁 2 6 を第 2 遅角開弁期間 6 2 で駆動することとすれば、排気 BDC の後、排気 TDC 前 45° CA までの期間は、一方の排気弁 2 6 のみを開弁させ、他方が停止していると同様の状況を作り出すことができる。この期間において一方の排気弁 2 6 が閉弁状態に維持されると、燃焼ガスのエネルギーを効率的

に内燃機関 10 の本体に吸収させることができ、また、未燃 HC 成分を効率良く筒内で燃焼させることができる。

このため、図 8 に示す開弁期間により吸気弁 24 および排気弁 26 を駆動することとすれば、低温環境下で、エミッション特性を悪化させることなく、吸気弁遅開き制御と片弁停止運転とを共に実行することが可能である。そして、このような運転が実現されると、暖機過程にある内燃機関 10 を安定的に運転させつつ、その暖機の進行を早めることが可能である。

[実施の形態 2 における具体的処理]

上述した機能は、ECU 40 が、図 9 に示すルーチンと、図 10 に示すルーチンとを実行することにより実現することができる。図 9 は、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 と排気弁 26 の閉弁時期 EVC とを設定するべく ECU 40 が実行するルーチンのフローチャートである。図 9 に示すルーチンは、ステップ 108 の後ろにステップ 110 および 112 の処理が追加されている点を除き、図 7 に示すルーチンと同様である。

すなわち、図 9 に示すルーチンでは、内燃機関 10 の暖機が進んでステップ 106 および 108 の処理が実行される段階になると、それらの処理に次いで、吸気弁 24 の開弁時期 IV0 および排気弁 26 の閉弁時期 EVC が、それらの収束値 IVOLM および EVCLM に達したか否か判別される（ステップ 110）。そして、その判別が肯定されると、収束フラグ XFS が ON 状態とされる（ステップ 112）。

このため、本実施形態における ECU 40 は、収束フラグ XFS の状態を見ることで、筒内に流入するガスの流速を抑えたうえで吸気弁遅開き制御を実行する必要があるのか、或いは、そのような流速の抑制がもはや不要となっているのかを判断することができる。換言すると、本実施形態における ECU 40 は、収束フラグ XFS の状態を見ることで、排気弁 26 およびその周辺への燃料の付着を防ぐ必要があるのか、或いは、その付着を防ぐ必

要が消滅しているのかを判断することができる。

図 10 は、ECU 40 が、排気弁 26 の運転手法を切り替えるために実行するルーチンのフローチャートである。このルーチンでは、先ず、片弁停止運転の実行条件が成立しているか否かが判別される（ステップ 120）。こ
5 こでは、具体的には、機関温度 T_{eng} 等に基づいてその判断がなされる。

片弁停止運転の実行条件が成立していないと判別された場合は、2つの排気弁 26 に対する制御が、共に標準制御とされる（ステップ 122）。「標準制御」とは、所定の標準期間（例えば 225°CA ）だけ開弁した後に、
10 図 9 に示すルーチンにより決定された閉弁時期 EVC において閉弁するように、排気弁 26 を駆動する制御である。本ステップ 122 の処理が実行されると、以後、内燃機関 10 は、実施の形態 1 の場合と同様に動作することになる。

上記ステップ 120 において、片弁停止運転の実行条件の成立が認められた場合は、次に、収束フラグ XFS が未だ OFF であるか否かが判別される
15 （ステップ 124）。XFS=OFF の成立が認められた場合は、排気弁 26 への燃料の付着を阻止する必要が存続していると判断することができる。この場合は、一方の排気弁 26 の制御が標準制御とされ、他方の排気弁 26 の制御が開弁遅角制御とされる（ステップ 126）。

「開弁遅角制御」とは、排気 TDC 直前の所定クランク角から、図 9 に示
20 すルーチンにより決定された閉弁時期 EVC までの期間だけ排気弁 26 を開弁状態とする制御である。閉弁時期 EVC が例えば TDC 後 45°CA である場合は、開弁遅角制御が行われることにより、排気弁 26 は、図 8 に示す第 2 開弁期間 62 に沿った動作を示すこととなる。

上記ステップ 126 の処理が実行されると、以後、低温環境下で、2つ
25 の排気弁 26 への燃料付着を共に阻止しつつ、片弁停止運転に近似した動作を実現することができる。その結果、安定した冷間運転を実現しつつ、

内燃機関 10 の暖機を効率的に進めることができる。

上記ステップ 124 において、収束フラグ XFS が OFF でないと判別された場合は、既に、排気弁 26 への燃料付着を阻止する必要性が消滅していると判断できる。この場合は、次に、一方の排気弁 26 の制御が標準制御
5 とされ、他方の排気弁 26 の制御が停止制御とされる（ステップ 128）。

「停止制御」とは、排気弁 26 を常時停止状態とする制御である。従って、本ステップ 128 の処理が実行されると、以後、通常の片弁停止運転が実行される。この場合、排気弁 26 への燃料の付着は何らエミッション特性を悪化させないため、何ら不都合を伴うことなく片弁停止運転を継続する
10 ことができる。

以上説明した通り、図 9 および図 10 に示すルーチンによれば、内燃機関 10 の状態に応じて、実施の形態 1 の場合と動作、一方の排気弁 26 の開弁時期を遅らせた動作、および通常の片弁停止運転の動作を、適宜切り替えて実現することができる。そして、本実施形態のシステムによれば、
15 それらの動作を切り替えて行うことにより、常に良好なエミッション特性を維持しつつ、安定した冷間運転を実現し、かつ、効率的に内燃機関 10 の暖機を進行させることができる。

ところで、上述した実施の形態 2 においては、片弁停止運転の成立条件を、収束フラグ XFS のセット条件と別に判断することとしているが、本発
20 明はこれに限定されるものではない。すなわち、それらの条件は、何れも、内燃機関 10 がある程度暖機されることにより成立するものであり、両者を同一視することとしてもよい。具体的には、図 10 に示すルーチンにおいて、ステップ 120 において XFS=OFF の成立性を判断することとし、ステップ 124 および 128 を削除することとしてもよい。

25 また、上述した実施の形態 2 においては、吸気弁 24 の遅角開弁時期の初期値と、排気弁 26 の遅角閉弁時期の初期値とを、バルブオーバーラッ

プが生ずるように定めることとしているが、それらの設定は、実施の形態 1 の場合と同様に、必ずしもバルブオーバーラップを生じさせるものでなくとも良い。

また、上述した実施の形態 1 においては、吸気可変機構 30 および排気可変機構 32 を、それぞれ電磁アクチュエータを用いて実現することとしているが、その構成はこれに限定されるものではない。すなわち、吸気可変機構 30 は吸気弁 24 のバルブタイミング（開弁時期）を変化させ得るものであれば足り、また、排気可変機構 32 は、個々の排気弁 26 のバルブタイミングを独立に変化させ得るものであれば足り、それぞれ機械的な機構であつてもよい。

更に、上述した実施の形態 2 においては、吸気弁遅開き制御の実行と併せて片弁停止運転が要求された場合に、一方の排気弁 26 を、閉弁時期を遅らせたうえで開弁させることとしているが、そのような排気弁 26 の制御は、必ずしも吸気弁遅開き制御との組み合わせで行う必要はない。すなわち、吸気弁遅開き制御が実行されていない状況下であっても、片弁停止運転の実行に伴って、停止中の排気弁 26 の近傍に燃料付着が生ずる場合には、その排気弁 26 を、開弁時期を遅らせたうえで開弁させることとしてもよい。

尚、上述した実施の形態 2 においては、ECU 40 が、上記ステップ 120 の処理を実行することにより前記第 8 の発明における「一部停止要求判定手段」が、上記ステップ 126 の処理を実行することにより前記第 8 の発明における「排気弁制御手段」が、それぞれ実現されている。

請求の範囲

1. 内燃機関の吸気ポートに対して燃料を噴射する燃料噴射弁と、

吸気ポートから筒内への吸気の流入速度を可変とする吸気速度可変機構

5 と、

排気弁のバルブタイミングを可変とする排気可変機構と、

前記吸気速度可変機構を、吸気の流入速度を高めるための高速状態に制御する吸気高速化手段と、

前記吸気速度可変機構が前記高速状態に制御されている状況下で、排気
10 弁の閉弁時期を通常閉弁時期より遅い遅角閉弁時期に制御する排気閉弁時期遅角制御手段と、

を備えることを特徴とするバルブタイミング制御装置。

2. 前記吸気高速化手段は、内燃機関の暖機が未完了である状況下で、前
15 記吸気速度可変機構を前記高速状態に制御し、

前記通常閉弁時期は、内燃機関の暖機後に通常用いられる排気弁の閉弁時期であり、

前記排気閉弁時期遅角制御手段は、内燃機関の暖機が未完了であり、かつ、前記吸気速度可変機構が前記高速状態に制御されている状況下で、排
20 気弁の閉弁時期を前記遅角閉弁時期に制御することを特徴とする請求項 1 記載のバルブタイミング制御装置。

3. 前記吸気速度可変機構は、吸気弁のバルブタイミングを可変とする吸気可変機構を備え、

25 前記吸気高速化手段は、吸気弁の開弁時期を排気上死点後の遅角開弁時期に制御することにより吸気の流入速度を高める吸気開弁時期遅角制御手

段を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のバルブタイミング制御装置。

4. 前記吸気速度可変機構は、吸気弁のリフト量を可変とする吸気可変機構を備え、

前記吸気高速化手段は、吸気弁のリフト量を小さくすることにより吸気の流入速度を高める吸気リフト量制御手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項記載のバルブタイミング制御装置。

5. 前記吸気高速化手段は、内燃機関の暖機の進行に伴って、前記吸気の流入速度を速める方向に前記高速状態を変化させる高速状態設定手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項記載のバルブタイミング制御装置。

6. 内燃機関の暖機の進行に伴って、前記遅角閉弁時期を進角方向に変化させる遅角閉弁時期設定手段を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項記載のバルブタイミング制御装置。

7. 少なくとも内燃機関の始動直後においては、前記遅角閉弁時期と前記遅角閉弁時期とは、吸気弁の開弁期間と排気弁の開弁期間にオーバーラップを生じさせる値であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項記載のバルブタイミング制御装置。

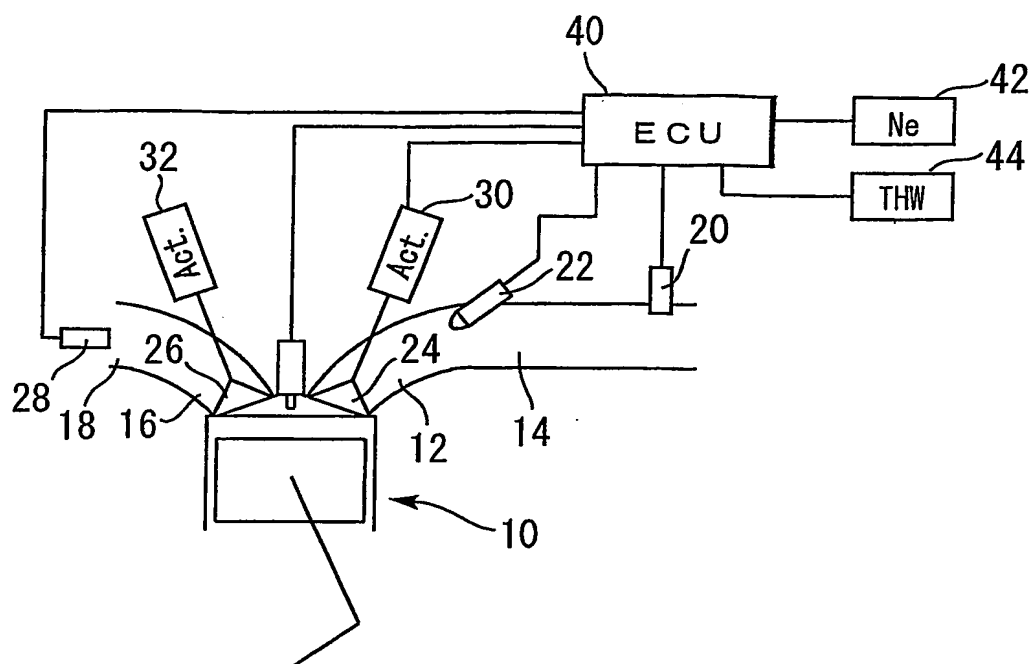
8. 前記内燃機関は、個々の気筒に複数の排気弁を備えており、
前記排気可変機構は、気筒毎に配置された複数の排気弁のバルブタイミングを個別に調整する機能を有し、

前記複数の排気弁の一部を停止させる要求が生じているか否かを判定する一部停止要求判定手段と、

- 前記吸気速度可変機構が前記高速状態に制御されている状況下で、前記停止の要求が認められた場合に、前記一部の排気弁の開弁時期を、他の排気弁の開弁時期に比して遅らせつつ、全ての排気弁を作動させる排気弁制御手段と、
- 5

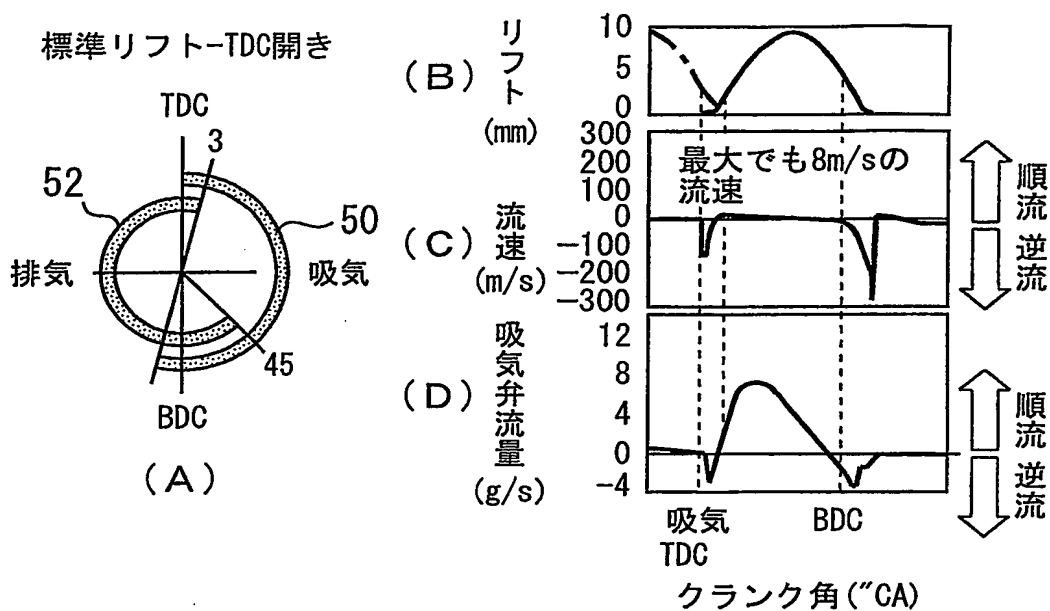
を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項記載のバルブタイミング制御装置。

第 1 図

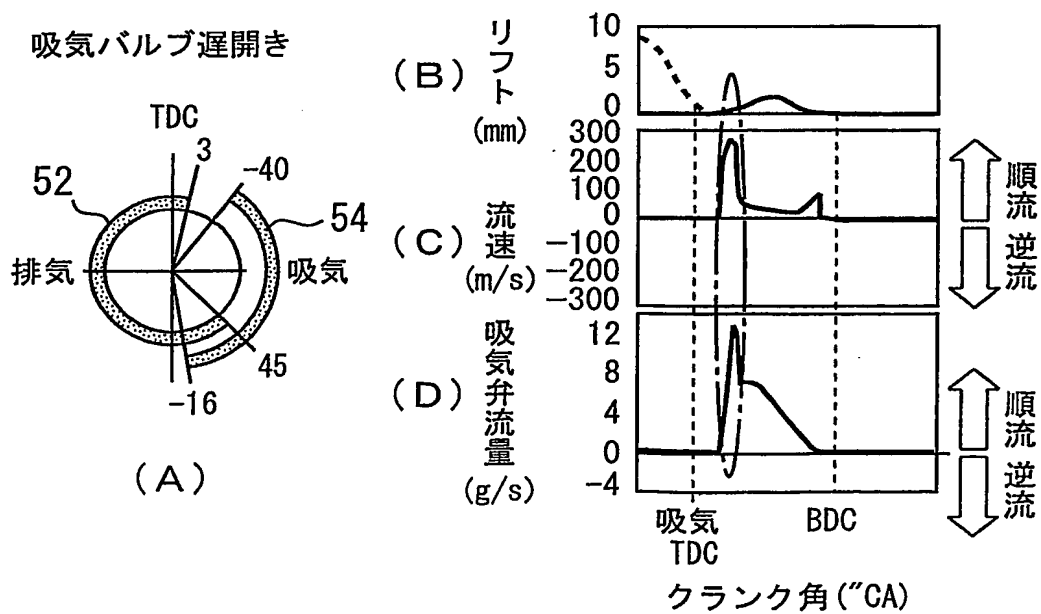


2/8

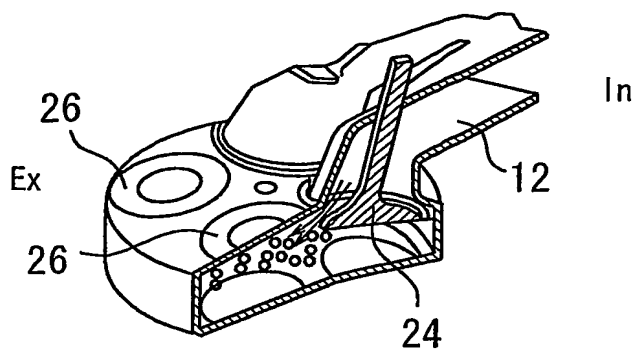
第2図



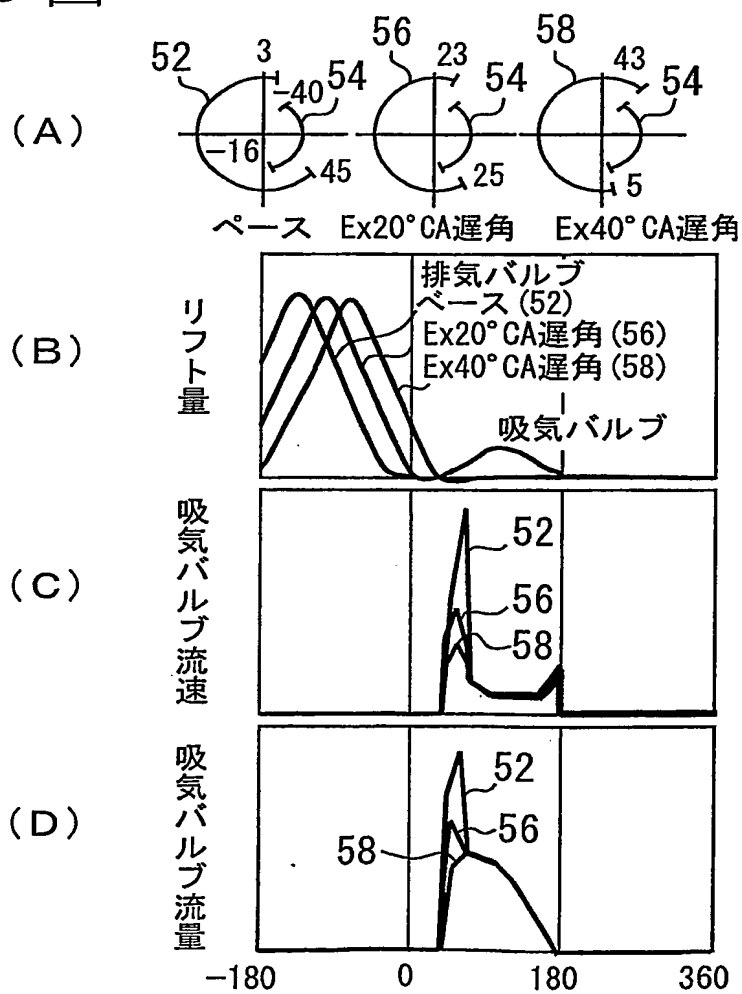
第3図



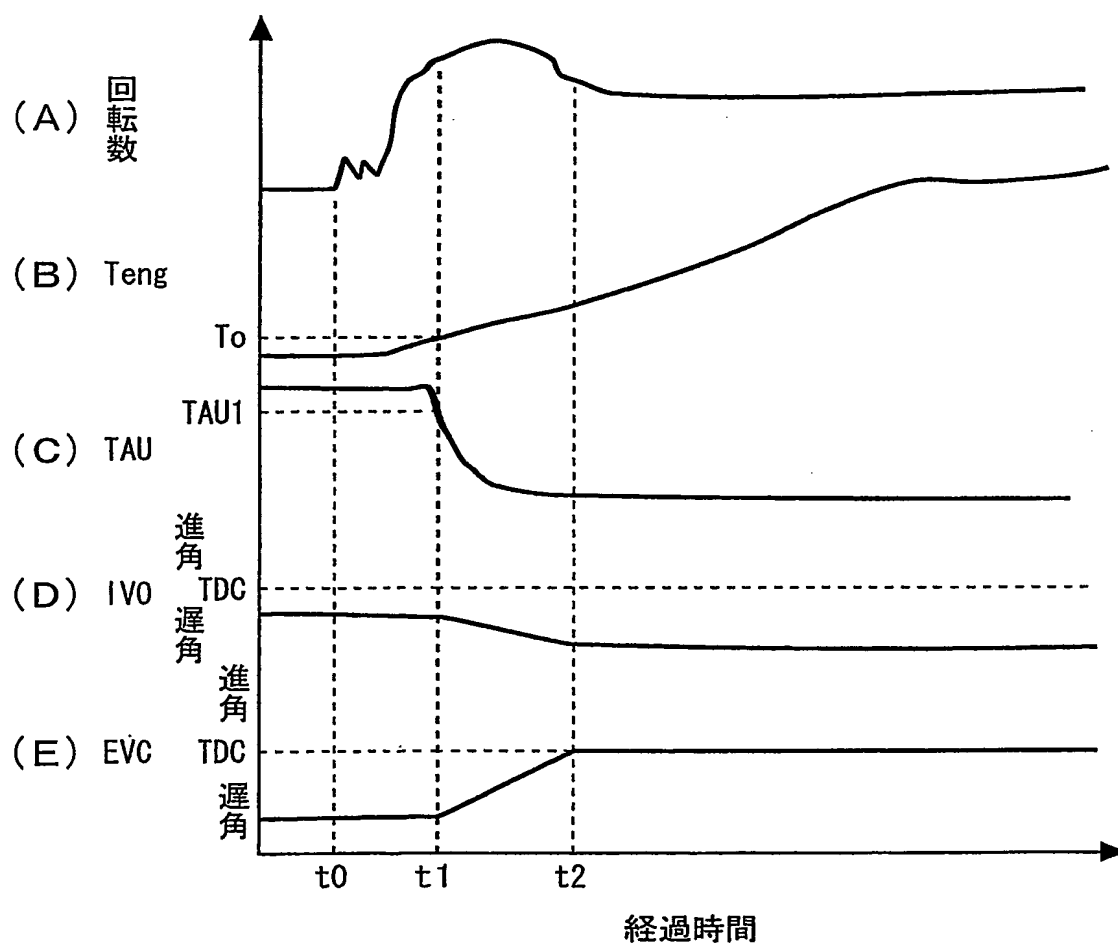
第 4 図



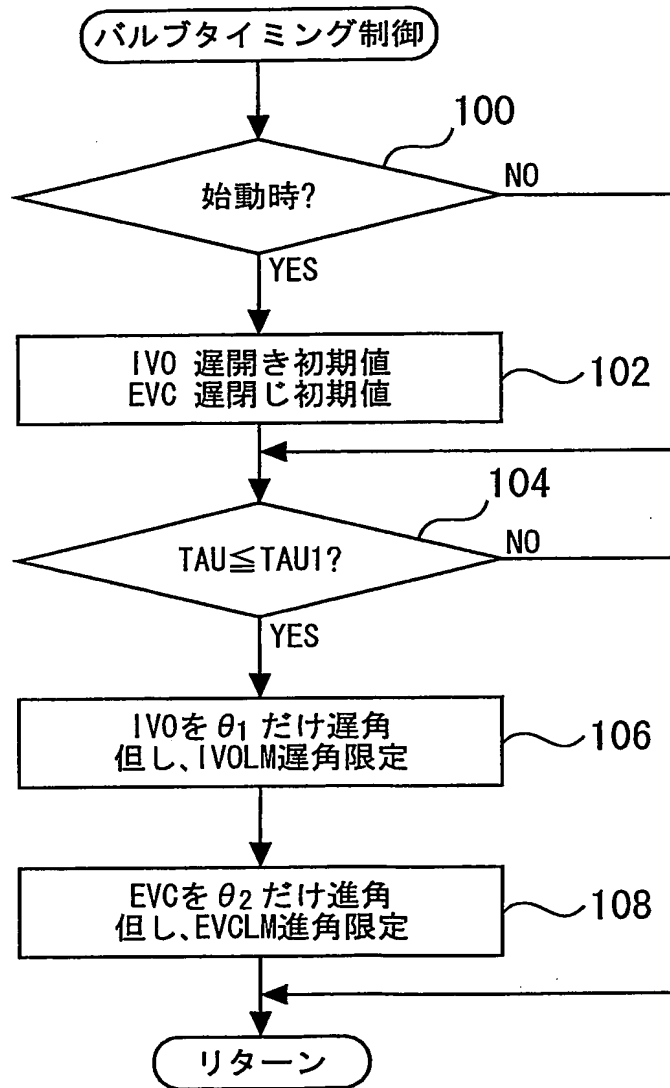
第 5 図



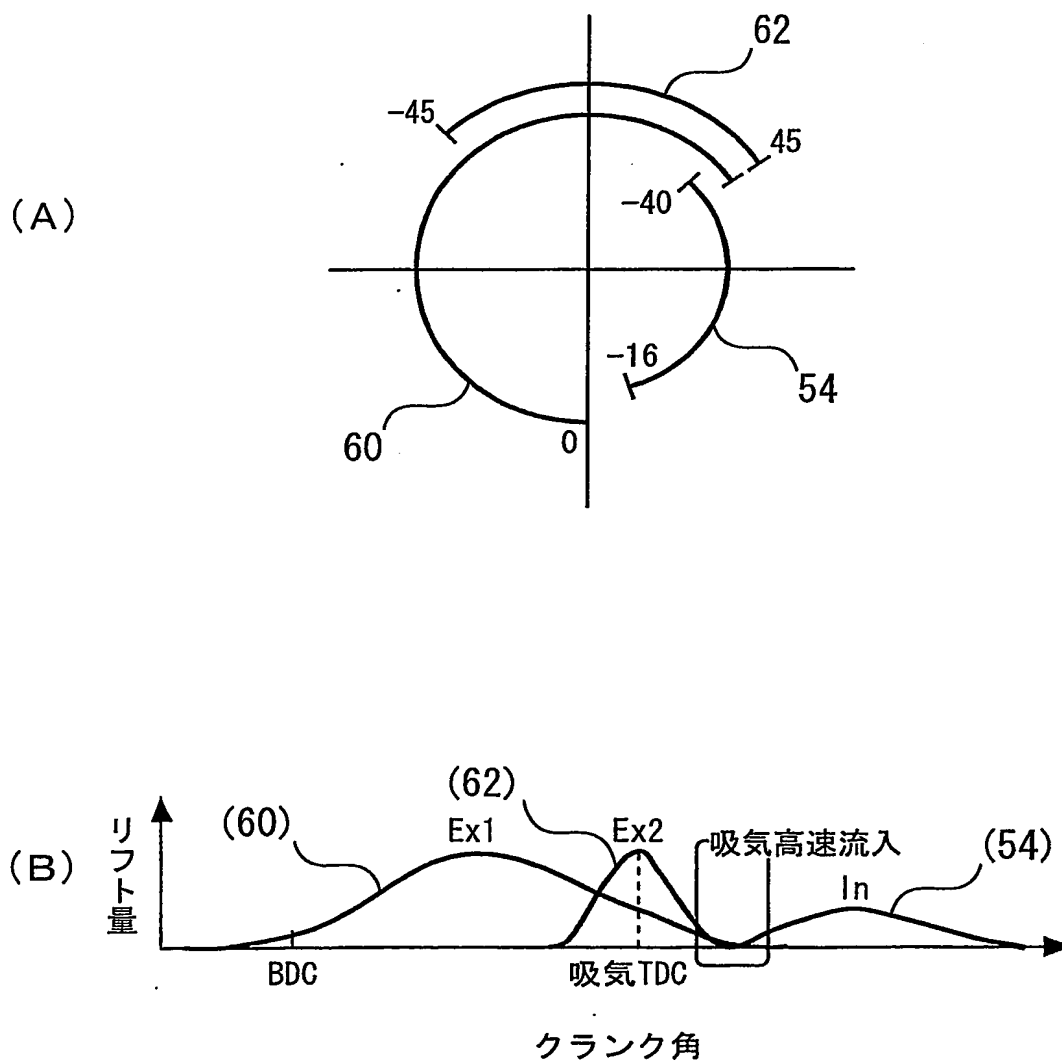
第 6 図



第 7 図

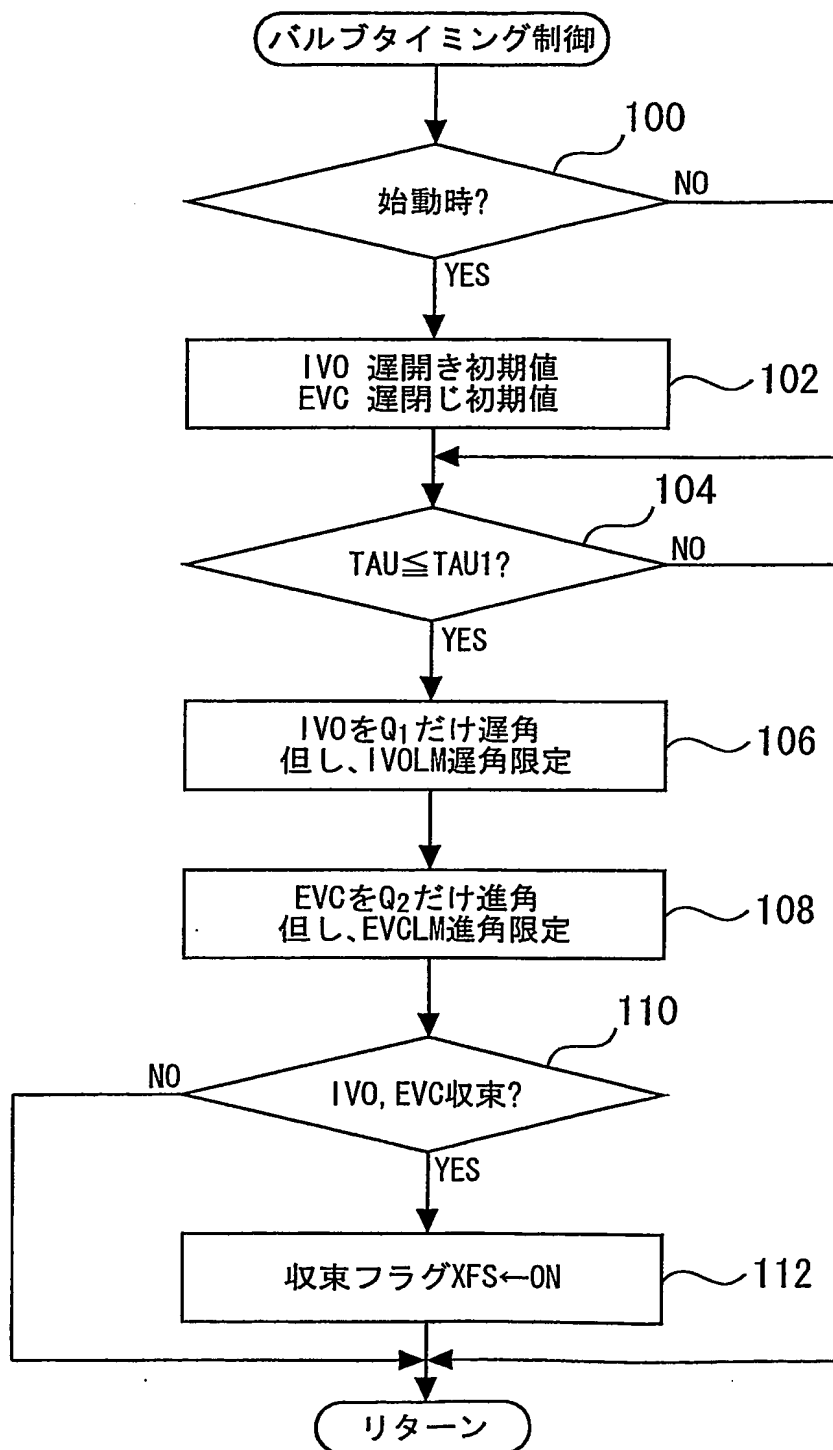


第 8 図



7/8

第9図



第 10 図

